— UM 220 V. CHR. —

Den Nil entlang zum Erdumfang

Der antike Gelehrte Eratosthenes bestimmte mit erstaunlich einfachen Mitteln die Größe der Erde

Dass die Erde eine Kugel ist, war den antiken Griechen schon im 6. Jahrhundert v. Chr. bekannt. Einen Hinweis lieferte die runde Form des Erdschattens, der auf den Mond fällt. Zudem wurde beobachtet, dass Sternbilder im Süden höher stehen. Auch die Menschen im Mittelalter wussten, dass die Erde eine Kugel ist; sie glaubten nicht, dass sie eine Scheibe sei. Die betreffende Legende entstand erst in der Neuzeit, als das Mittelalter als wissenschaftsfeindliche und rückständige Epoche verleumdet wurde.

Bei den Recherchen für mein zweites Buch, das sich um den Mond dreht, haben mich immer wieder die lateinischen Namen der Krater begeistert – Mare Crisium (Meer der Gefahren) oder Sinus Iridum (Bucht der Regenbogen) beflügeln die Fantasie. Andere Krater heißen nach wichtigen Wissenschaftlern, etwa Aristoteles oder Curie. Eine besondere Ehre wurde Eratosthenes von Kyrene zuteil: Nach dem Krater, der seinen Namen trägt, wurde ein ganzes Zeitalter der Mondgeschichte benannt. Für mich Grund genug, mich näher mit dem Werk des Hellenen zu beschäftigen.

Eratosthenes war um 220 vor Christus Leiter der Bibliothek von Alexandria und hatte damit eine der wichtigsten Positionen der antiken Wissenschaftswelt inne. Er war Zeitgenosse von Archimedes, der ihn als »vortrefflichen Gelehrten« lobte. Eratosthenes' Wissen, seine Stellung und eine Portion geografisches Glück ermöglichten ihm, eines der schönsten astronomischen Experimente überhaupt durchzuführen: Er bestimmte als Erster den Umfang der Erdkugel.

Dass die Erde eine Kugel ist, war für einen Gelehrten wie Eratosthenes damals keine Frage. Dass er ihren Umfang von seiner Heimatstadt aus vermessen konnte, gelang jedoch nur dank seines scharfen Sinnes für Geometrie und einer besonderen astronomischen Intuition.

Eratosthenes nahm richtigerweise an, dass die Sonne im Vergleich zur Erdgröße sehr, sehr weit entfernt war. Somit konnte er davon ausgehen, dass Sonnenstrahlen stets parallel auf die Erdkugel treffen. Dies war ein Schlüssel zu seiner Pioniertat.

SONNE ÜBER ÄGYPTEN

Der zweite war die Stadt Syene (das heutige Assuan) im südlichsten Zipfel der hellenischen Welt. Eratosthenes wusste, dass dort am Tag der Sommersonnenwende die Zeiger einer Sonnenuhr zur Mittagszeit keinen Schatten warfen – die Sonne stand also senkrecht am Himmel (der Legende nach spiegelte sich die Sonne im Wasser eines tiefen Brunnens). Heute kennen wir den Grund: Syene lag am Nördlichen Wendekreis. Dessen geografische Breite von 23,4 Grad entspricht dem Winkel, um den die Erdachse geneigt ist.

Für Eratosthenes war jedoch nur wichtig, dass ein Sonnenstrahl in Syene in jenem Moment genau Richtung Erdmittelpunkt wies. Zusammen mit seiner Prämisse, dass die Sonnenstrahlen parallel auf die Erde treffen, schloss er Folgendes: Misst man in einem weiter nördlich gelegenen Ort zum selben Zeitpunkt den Schattenwurf, dann entspricht der Schattenwinkel gerade jenem Winkel, den dieser Ort auf der Erdkugel mit Syene bildete.

Eratosthenes erdachte sich also einen Kreisausschnitt, bestehend aus den beiden Orten und dem Erdmittelpunkt. Dessen Winkel lässt sich aus dem Schattenwurf bestimmen. Der Kreisbogen wiederum entspricht der Distanz zwischen den beiden Orten. Mit diesem Wissen lässt sich auf den ganzen (Erd-)Kreis schließen: Die Distanz zwischen Syene

INFOGRAFIK UND KARTE: AXEL KOCK; ILLUSTRATION: ANJA STIEHLER/JUTTA FRICKE ILLUSTRATORS

Eratosthenes' Idee: Wenn in Syene die Sonne im Zenit steht, entspricht der Schattenwinkel in Alexandria dem Winkel zwischen den Städten auf der Erdkugel. So bestimmte er von Alexandria aus den Erdumfang entlang eines Längengrads.



und dem Ort der Schattenmessung verhält sich dann zum Erdumfang wie der gemessene Schattenwinkel zu einem vollen Kreis mit 360 Grad.

Die Messung konnte jedoch nur gelingen, wenn Syene und der Ort der Schattenmessung wirklich auf demselben Längengrad lagen. Eratosthenes ging davon aus, dass ausgerechnet sein Arbeitsort Alexandria genau nördlich von Syene lag – eine erstaunlich gute Schätzung. Zwar lag er damit um rund 250 Kilometer daneben, doch sein Endergebnis verfälschte dies nur um etwa fünf Prozent.

Dank seiner genialen Vorüberlegungen musste Eratosthenes nur einen einzigen Schattenwinkel zum richtigen Zeitpunkt messen, jenen vor seiner Haustür zur Sommersonnenwende. Sein Ergebnis: ein Fünfzigstel eines vollen Kreises. Zwischen Alexandria und Syene lagen 5000 Stadien (ein antikes Längenmaß) – das war damals aus der Vermessung des Nils bekannt. Eratosthenes berechnete also das Fünfzigfache von 5000 Stadien und erhielt so sein Resultat für den Erdumfang: 250 000 Stadien.

DAS UNBEKANNTE STADION

Doch was macht das heute in Kilometern? Das lässt sich dummerweise nicht mehr rekonstruieren. Das Längenmaß »Stadion« basierte, wie der Name andeutet, auf den Abmessungen der damals üblichen Sportstätten. Diese unterschieden sich jedoch im Laufe der Zeit und von Ort zu Ort. Mit welchen Stadien genau Eratosthenes rechnete, ist nicht überliefert. Heutzutage lässt sich sein Resultat von 250 000 Stadien nicht genauer umrechnen als in mindestens 36 000 und höchstens 46 000 Kilometer. Dieser Wert kommt dem heute bekannten Erdumfang von rund 40 000 Kilometern verblüffend nah.

Was Eratosthenes' Experiment besonders charmant macht, ist, dass es sich heute mit einfachsten Mitteln nachmachen lässt. Neulich stand ich deshalb mit Besen, Zollstock und meiner kleinen Tochter vor meinem Haus in Hamburg. Zusammen haben wir gemessen, wie lang der Schatten des senkrecht aufgestellten Besenstiels war. Unsere Messung ergab einen Schattenwinkel von 53 Grad. Tatsächlich betrug er 51 Grad, wie ich auf *timeanddate.de* nachgeschaut habe.

Da ich nicht genau zur Sommersonnenwende gemessen habe, hätte ich noch eine zweite Messung gebraucht, um den Erdumfang zu bestimmen. Hätte im selben Moment in München jemand eine ähnlich (un)genaue Messung vorgenommen, so hätten wir als Ergebnis für den Erdumfang im besten Fall 40 500 Kilometer erhalten. Ein Resultat, das sicherlich auch Eratosthenes gutgeheißen hätte – vorausgesetzt, ich hätte es ihm in Stadien umgerechnet! ■



Michael Büker
ist Astroteilchenphysiker, Science-Slammer und Wissenschaftsautor.
In P.M. erklärt er die wichtigsten Experimente der Wissenschaftsgeschichte, zusammen mit Kollegen plaudert er im P.M.-Podcast »Sag mal, du als Physiker ...« – erhältlich unter *audible.de*.